
Reinigen von spannungsführenden Anlagen

Robert Veit

Institut für
Werkzeugmaschinen
und Fabrikbetrieb

Technische Universität
Berlin

Das Produktionstechnische Zentrum Berlin (PTZ)



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Reinigen von spannungsführenden Anlagen

- Forschungsprojekt „ReinSpann“
- Ausgangssituation und Randbedingungen für das Forschungsprojekt
- Trockeneisreinigung unter Spannung aus elektrotechnischer Sicht
- Barrieren für die Trockeneisreinigung unter Spannung
- Realisierung der Anlagentechnik
- Ausblick



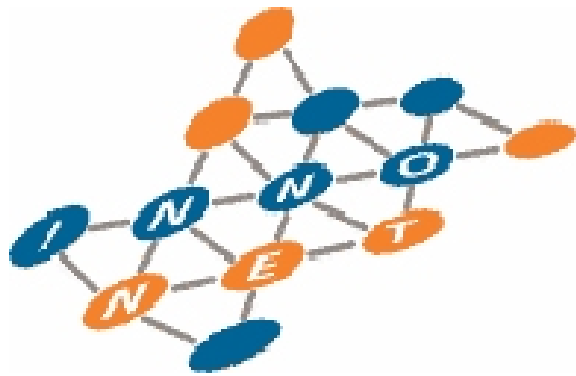
Forschungsprojekt „ReinSpann“

Entwicklung einer ökoeffizienten Reinigungstechnologie für die Instandhaltung spannungsführender Anlagen

- Projektlaufzeit 26 Monate
- Projektkonsortium bestehend aus drei Forschungseinrichtungen und sechs Industriepartnern
- Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Rahmen des Förderprogramms InnoNet



Förderprogramm InnoNet



- Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit
- Forschungssubvention für klein- und mittelständischer Unternehmen

(KMU: Umsatz einschließlich verbundener Unternehmen bis 125 Mio. Euro)

- Projektkonsortium bestehend aus mindestens zwei Forschungseinrichtungen und vier KMU
- Beteiligung größerer Unternehmen ist möglich



Bundesministerium
für Wirtschaft und Arbeit



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



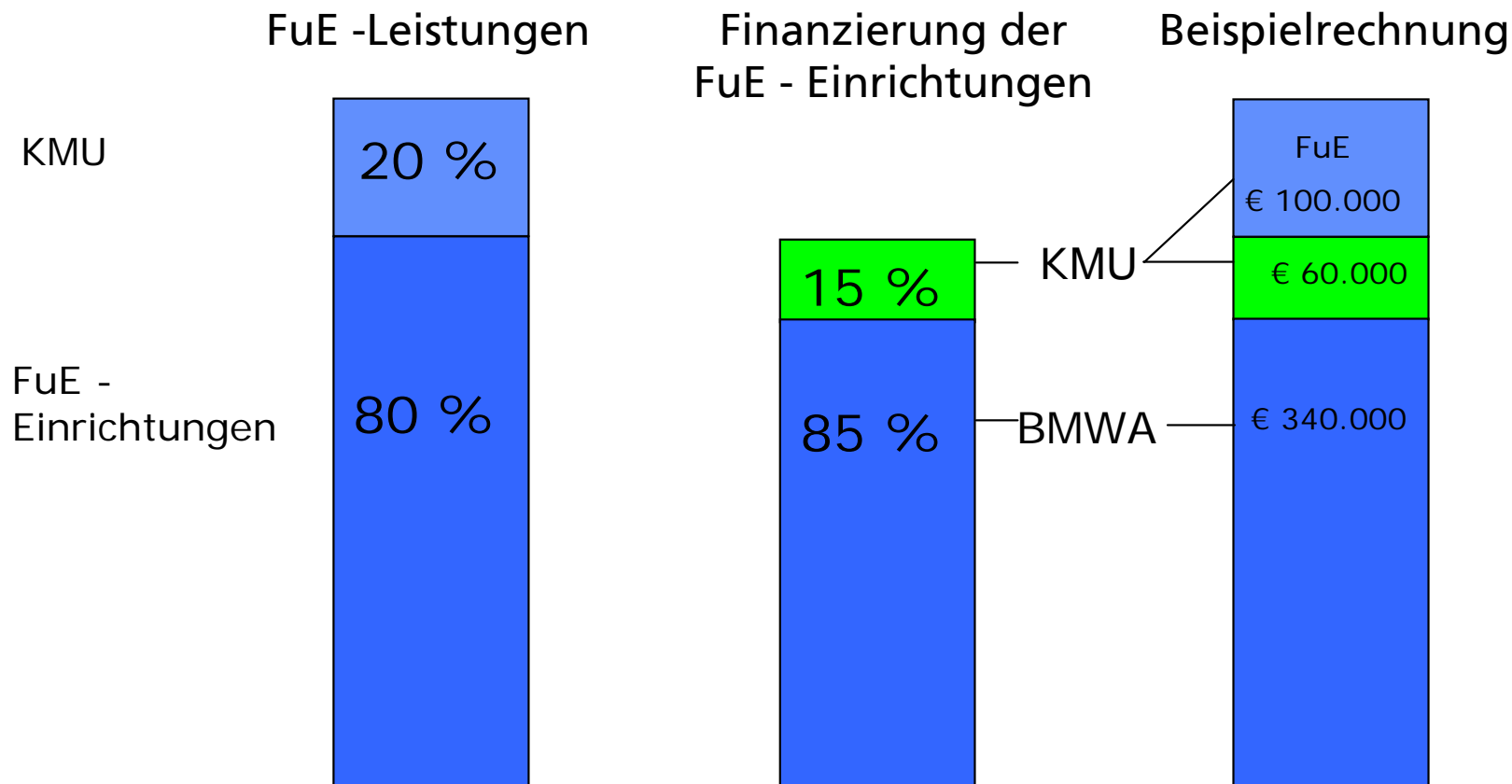
Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Förderprogramm InnoNet

Förderprinzip



ReinSpann Projektkonsortium



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Technische Dienste
Lausitz GmbH



Eurotest GmbH



TROCKENEISSTRAHLANLAGEN



Heiko Schinke
Elektronik

Assoziierte Partner



Berufsgenossenschaft der
Feinmechanik und Elektrotechnik



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



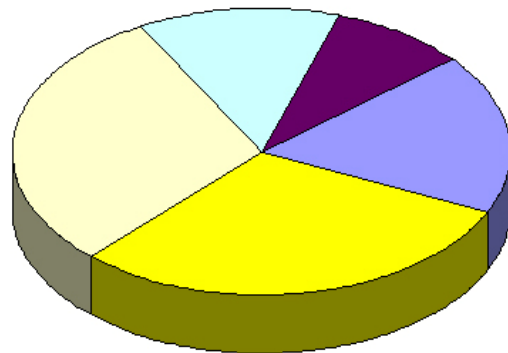
Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Ausgangssituation und Randbedingungen für das Forschungsprojekt - Marktanalyse

Fragestellungen:



- Größe des Marktes?
- Relevante Branchen?
- Welche Anlagen müssen gereinigt werden?
- Welche Verschmutzungen treten auf?
- Welche Reinigungstechnologien werden bisher eingesetzt?

Umfang der Erhebung:

- 299 Unternehmen
- Rücklauf 25 %



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Ausgangssituation und Randbedingungen für das Forschungsprojekt - Marktanalyse

- Ergebnisse:
- Verschiedenste Oberflächenmaterialien in spannungsführenden Anlagen
 - Verschmutzungscharakteristik unabhängig vom Standort, Verschmutzungen müssen aus Gründen der Betriebssicherheit entfernt werden
 - Interesse für Reinigung unter Spannung bei jedem zweiten Unternehmen
 - Etablierte Verfahren Trocken- und Nassreinigung
 - Erhebliches Marktpotenzial für neues Verfahren erkennbar
 - Hauptanwendung in der Nieder- und Mittelspannung (< 1.000 V bzw. < 50.000 V)



Trockeneisreinigung unter Spannung aus elektrotechnischer Sicht

- Allgemeine Kriterien für das Arbeiten unter Spannung
- Arbeiten unter Spannung vs. Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
- Relevante Normen für die Strahlrohrgestaltung

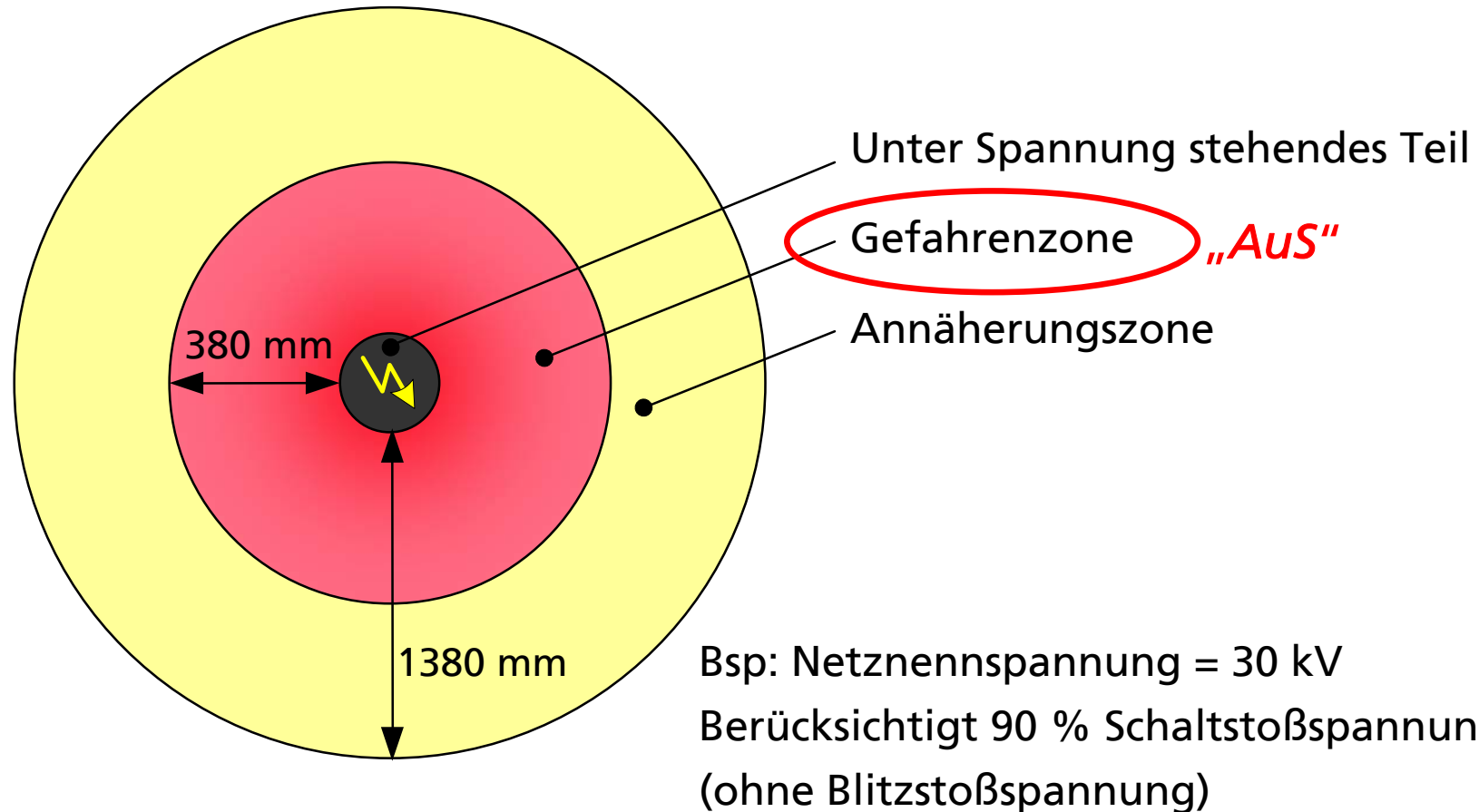


Allgemeine Kriterien für das Arbeiten unter Spannung

DIN VDE 0105: Betrieb von elektrischen Anlagen

- Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
- Arbeiten unter Spannung
 - Arbeiten auf Abstand (mit Isolierstangen)
 - Arbeiten mit Isolierhandschuhen
 - Arbeiten auf Potenzial

Allgemeine Kriterien für das Arbeiten unter Spannung



Arbeiten unter Spannung vs. Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile

	Genehmigung vom Anlagenverantwortlichen	Unterweisung durch Arbeitsverantwortlichen	Detaillierte Arbeitsanweisung	Elektrofachkräfte unterwiesene Personen	Spezialausbildung der Arbeiter
A.u.S.	X	X	X	X	X
A.i.d.N.	X	X			

Relevante Normen für die Strahlrohrgestaltung

Bindend: **AuS** - Mindestanforderungen für Werkzeuge, Geräte und Ausrüstungen
→ **DIN VDE 0682 T. 130**

Spezielle Anforderungen an **AuS**-Geräte zum **Bestrahlen** sind bisher nicht Bestandteil von VDE-Normen!

Geeignet zur Anlehnung: **AuS** – Vorrichtung zum Reinigen durch Absaugung von unter Spannung stehenden Teilen mit Bemessungsspannung über 1 kV bis 36 kV
→ **DIN VDE 0682 T. 621**

Geräte zum Betätigen, Prüfen und Abschränken unter Spannung stehender Teile mit Nennspg. über 1 kV
→ **DIN VDE 0681 T. 1**

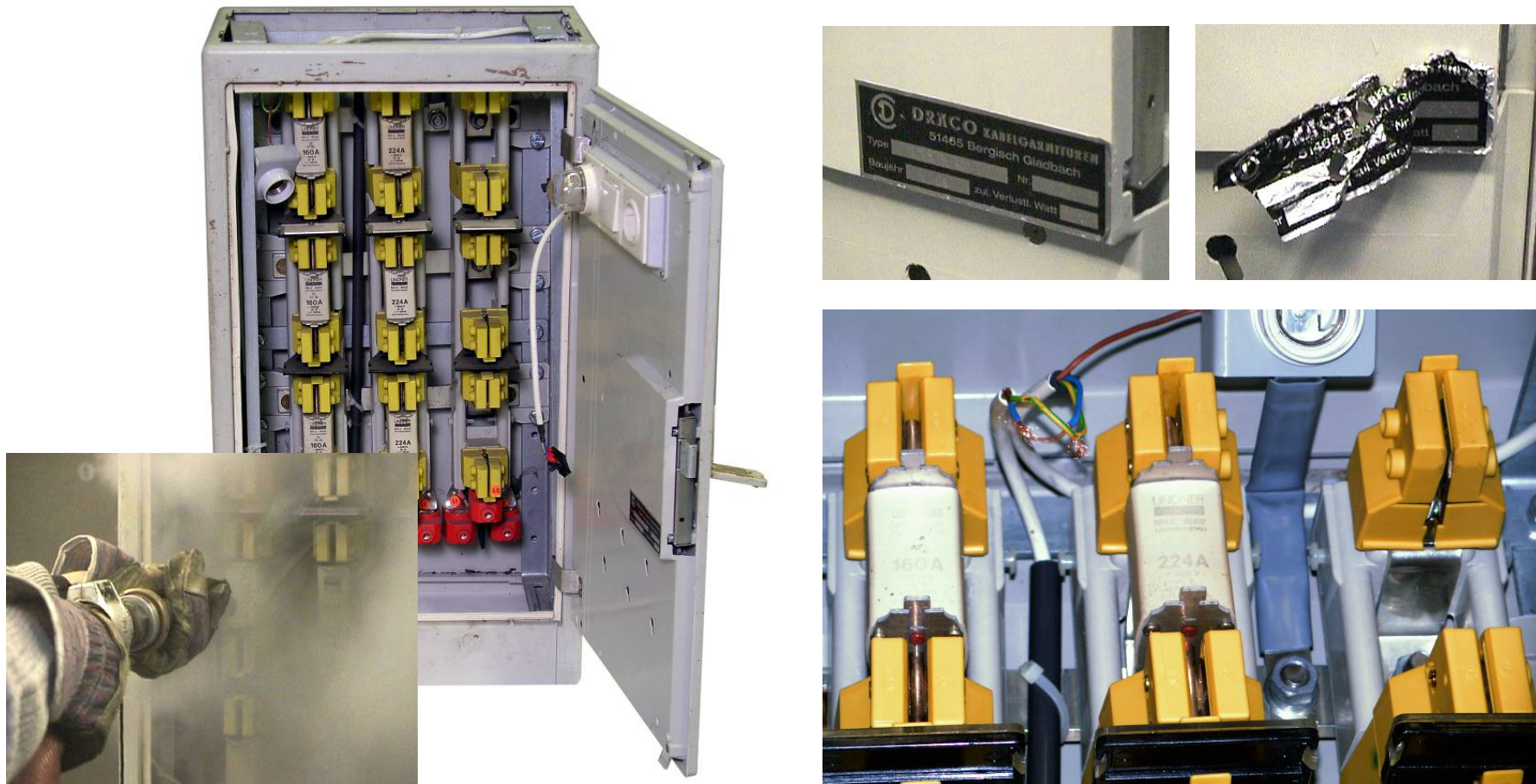


Barrieren für die Trockeneisreinigung unter Spannung

- Mechanische Schädigung bestrahlter Bauteile
- Inhomogene Materialzusammenstellung in elektrischen Anlagen
- Elektrostatische Aufladung der Strahldüse
- Vereisung / Betauung und Verschmutzung des Strahlrohres
- Vereisung / Betauung der zu reinigenden Oberflächen



Mechanische Schädigung bestrahlter Bauteile



Inhomogene Materialzusammenstellung in elektrischen Anlagen

Beispiel : Schutzkleinspannung, Niederspannung, Mittelspannung



Material

Metall

Keramik

Kunststoff

Silikon

Farben / Lacke

Aufkleber / Beschriftungen

Empfindlichkeit



robust    sensibel

Inhomogene Materialzusammenstellung in elektrischen Anlagen

Beispiel : Hochspannung, Höchstspannung



Material

Metall

Glas / Keramik

Kunststoff

Silikon

Farben / Lacke

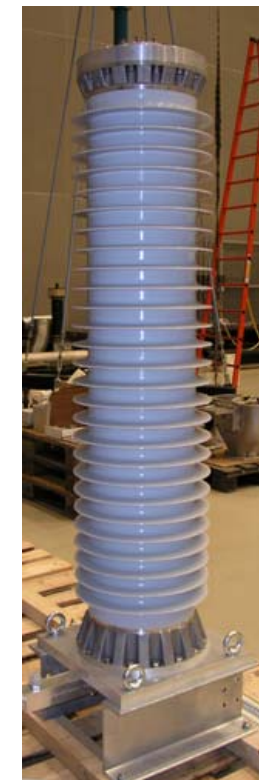
Empfindlichkeit



robust



sensibel



Elektrostatische Aufladung der Strahldüse

→ direkte und indirekte Gefährdung des Personals



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Vereisung / Betauung und Verschmutzung des Strahlrohres

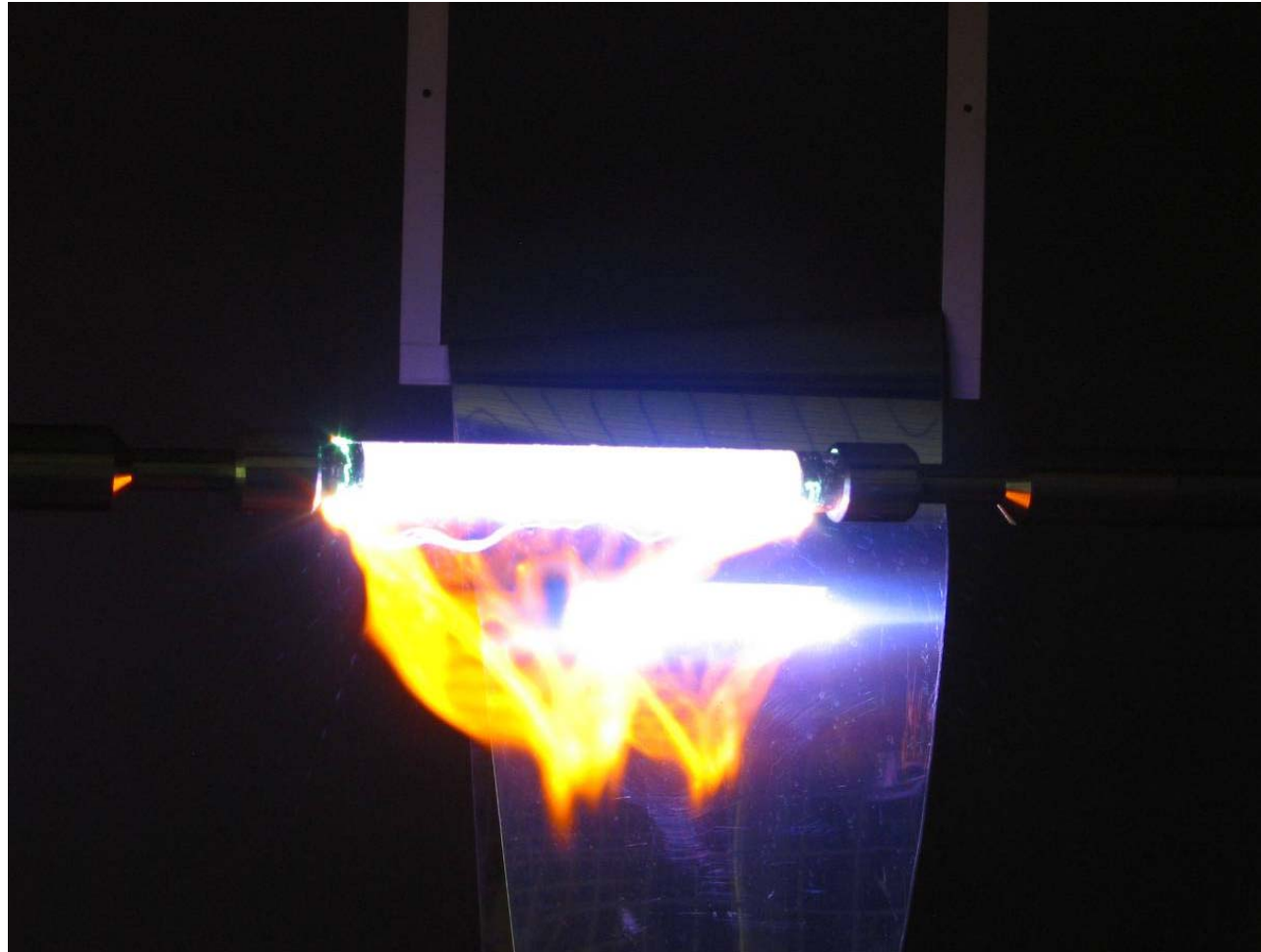


- Durch die Abkühlung der Rohraußenfläche lagert sich Umgebungsfeuchte an und verringert das Isoliervermögen
→ die zulässigen Ableitströme werden überschritten
- Verschmutzungen am Strahlrohr können leitende Schichten ausbilden

Lösungsansatz:

- Auslegung des Strahlrohres für „nasse und verschmutzte“ Anwendung

Betauung des Strahlrohres



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



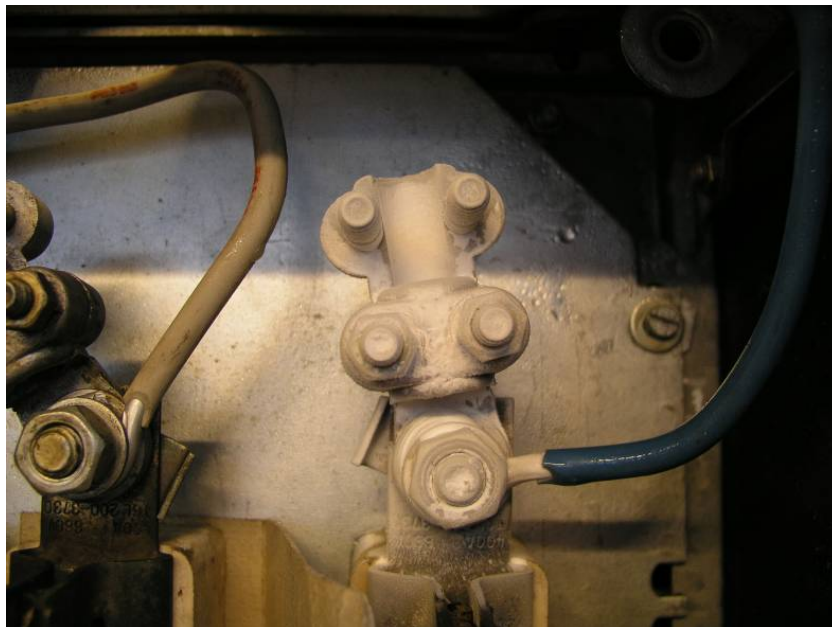
Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

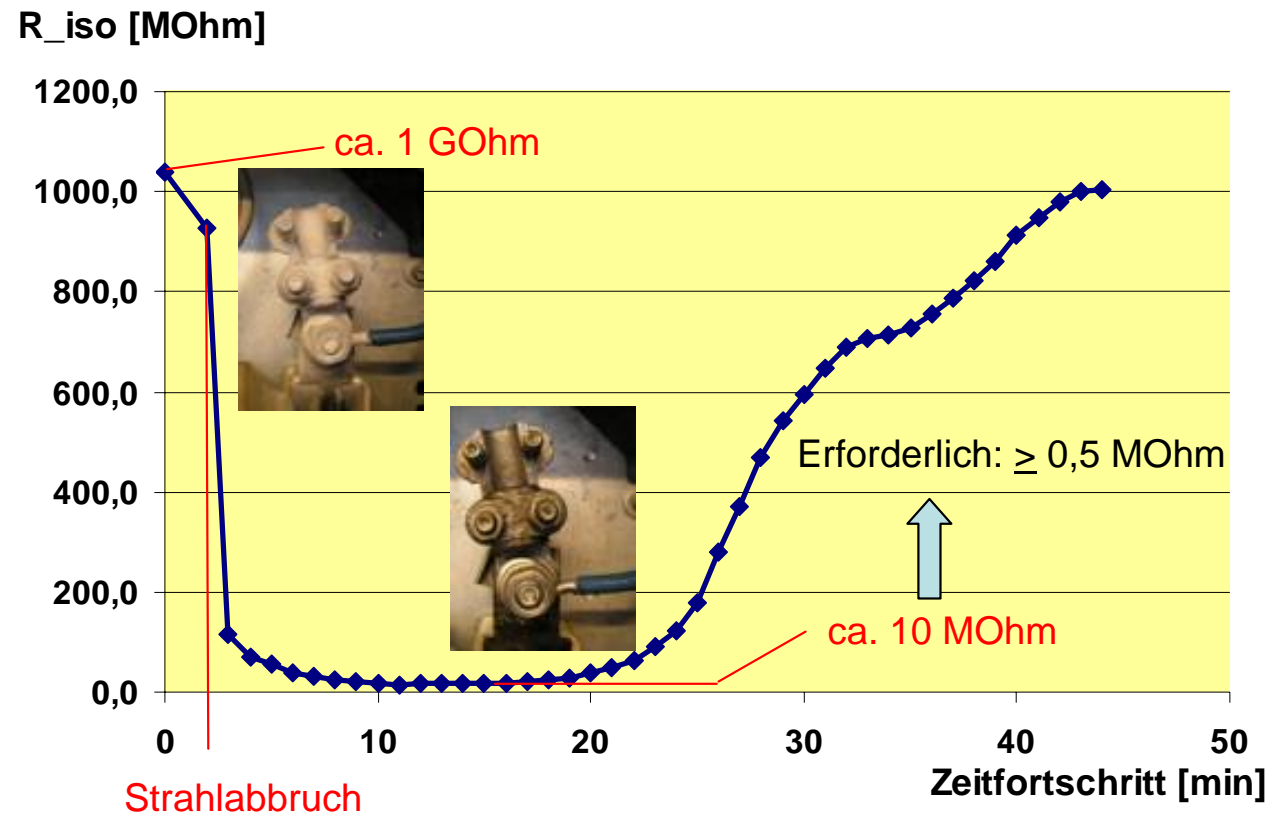
Vereisung / Betauung der zu reinigenden Oberflächen

→ steigende Überschlagswahrscheinlichkeit, erhöhter kontinuierlicher Ableitstrom



Betauung bestrahlter Bauteile

Die Betauung der Bauteile setzt nach Abbruch des Strahlvorgangs ein und verringert den Isolationswiderstand in der Anlage



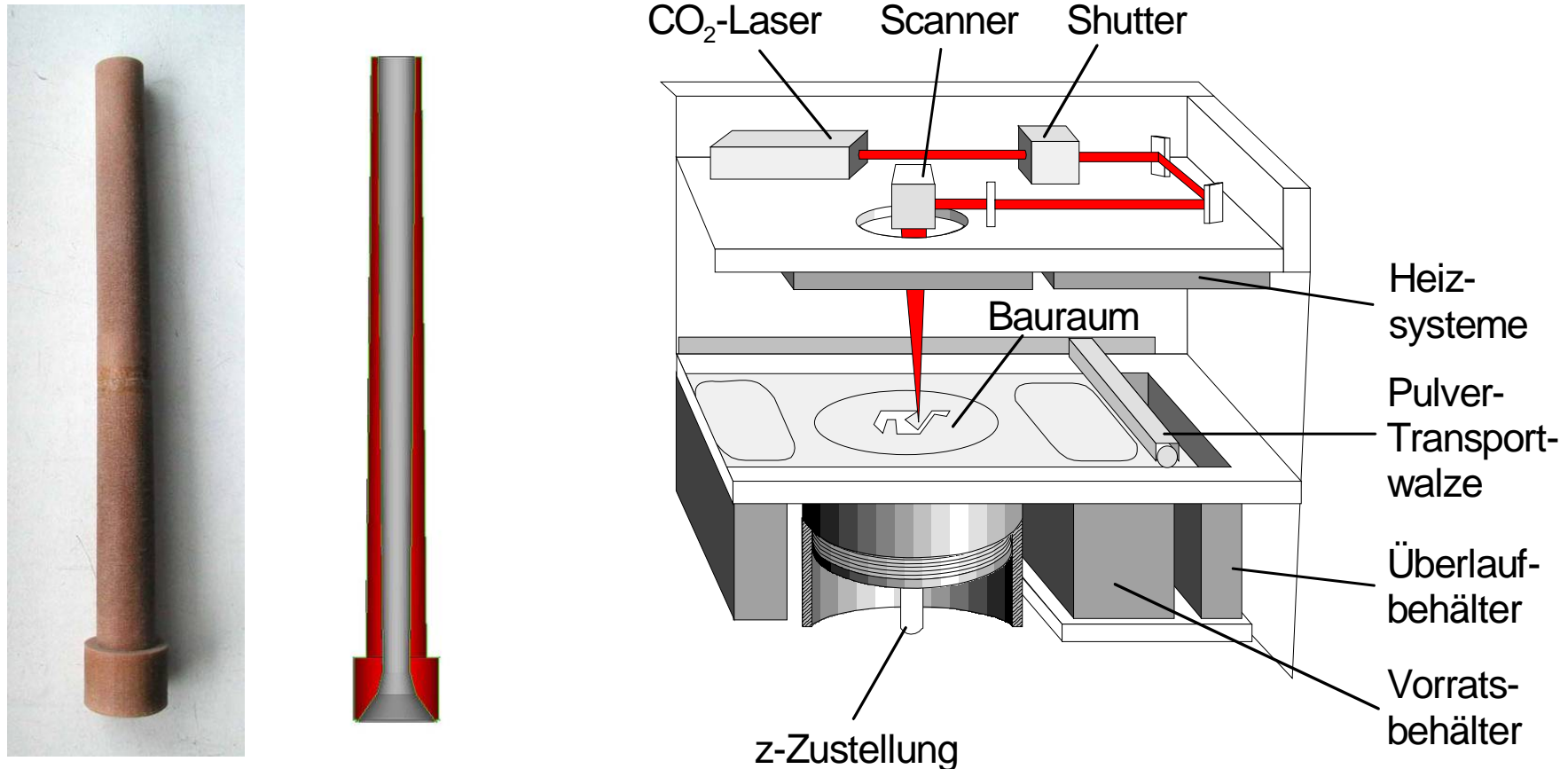
Düsenentwicklung



Anforderungen:

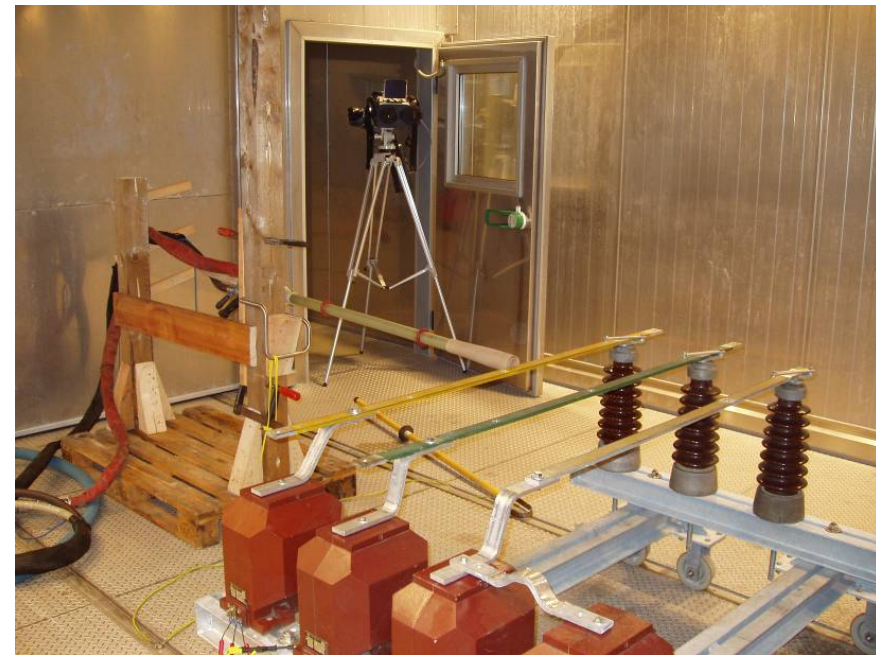
- elektrisch nicht leitend
- keine Kondensation von Umgebungsfeuchte an der Düse
- keine Abkühlung bestrahlter Bauteile
- schädigungsfreie Reinigung aller Materialien in elektrischen Anlagen
- Eignung für Sicht abgewandte Flächen (Düsenwinkel 90° und 135°)

Prototypische Strahldüsenherstellung mit dem selektiven Lasersinterverfahren (SLS)



Messtechnische Überprüfung des Anlagenkonzepts

Versuchsaufbau



Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe

Aufbau der Versuchsanlage



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe

Reinigung von Schaltzellen



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

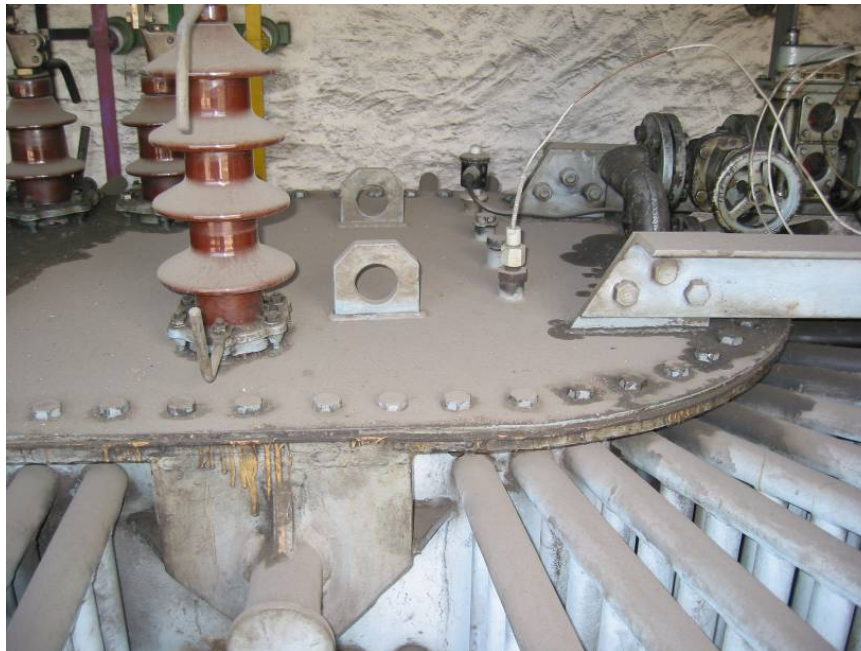
Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe

Reinigung Sekundärtechnikschrank



Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe

Reinigungsversuch Transformator 30/6 kV 8 MVA



Anwendungsuntersuchungen im Kraftwerk Schwarze Pumpe

Vergleichsversuche Trocken- und Feuchtreinigung



Lehrstuhl Energieverteilung
und Hochspannungstechnik



Fraunhofer
Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Institut für
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
Technische Universität Berlin

Zusammenfassung und Ausblick

- Schädigungsfreie Reinigung elektrischer Anlagen wurde ermöglicht
- Bis zu einer Nennspannung von 36 kV kann unter Spannung gereinigt werden
- Keine Kondensation von Umgebungsfeuchte an den bestrahlten Bauteilen und der Strahldüse
- Großes Marktpotenzial erkennbar
- Realisierung eines Sicherheitskonzepts
- Anwendung der neuen Technologie durch die Projektpartner

